

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CURSO DE TECNOLOGIA OFTÁLMICA
TRABALHO DE PRODUÇÃO INTELECTUAL

BRUNA AYUMI HIRATA

INDICAÇÃO DE TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA
ÓPTICA DE SEGMENTO ANTERIOR (OCT-SA)
PARA PACIENTES COM GLAUCOMA: REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA

SÃO PAULO
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CURSO DE TECNOLOGIA OFTÁLMICA

BRUNA AYUMI HIRATA

INDICAÇÃO DE TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA
ÓPTICA DE SEGMENTO ANTERIOR (OCT-SA)
PARA PACIENTES COM GLAUCOMA: REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA

Apresentação à Banca Examinadora
na Unidade Curricular de Trabalho
de Produção Intelectual para obten-
ção do título de Graduação em Tec-
nologia Oftálmica pela Universidade
Federal de São Paulo.

Orientador: Prof^ª. Dra. Norma Alle-
mann

Coorientador: Dr. Luiz Alberto Soa-
res de Melo Jr.

Docente Responsável: Prof^ª Dra.
Norma Allemann

São Paulo

2021

Agradecimentos

Demorei tanto tempo pensando como iniciar este texto para chegar a conclusão de que deveria ser pelo início da minha história, que começou com coragem: a dos meus avós paternos Satoshi e Mieko de saírem de um Japão pós 2ª Guerra Mundial, para buscarem uma vida melhor na República Dominicana, e depois no Brasil; a coragem dos meus avós maternos Francisco e Theodora, de buscarem melhores condições de vida migrando do interior da Bahia até o interior de São Paulo. Todos para trabalharem na roça.

Sou fruto da coragem deles e dos meus pais Cleusa Maria e Francisco Jorge que trabalharam muito para educaram a mim e também meus irmãos, Ricardo Yukio, Michele Hitomi e Jorge Mitsuo com o apoio dos avós, sendo pais muito jovens, sem formação superior e sem planejamento familiar. Mas com muito amor sobrando. Às primeiras mulheres da minha vida, minha avó, mãe e irmã, saibam que o colo de vocês é ímpar e me inspiram a ser forte. Ao meu pai e meu falecido avô, que sempre batalharam muito para eu ser uma pessoa melhor, valorizo cada ensinamento e o esforço de vocês. Aos meus irmãos que me trouxeram tantos momentos divertidos, alegres e me apoiam tanto na conquista dos meus sonhos. Amo vocês e saibam que sem o apoio de vocês, este documento não teria significado algum.

A educação e formação a qual tive acesso e oportunidade, contou com a participação de muitas pessoas, educadores, instituições e o esporte: professores, pais de amigos, amigos, Beisebol e Softbol no Grêmio Assistencial e Cultural GECEBS e no São Paulo Giant's Clube, meus técnicos, pessoas que conheci no IBREC, SENAI, IFSP, PET, meus tutores, PETianos e DivulgaPET. Todos com quem tive momentos indescritíveis de trocas de conhecimento, ou apenas bons momentos que guardo no coração. Sem vocês, estas linhas jamais teriam sido escritas, muito menos lidas. À vocês, a minha eterna gratidão.

À Unifesp, pela oportunidade de crescimento. Aqui e durante essa fase da vida passei por incontáveis momentos de decepções, frustrações, raiva, dedicação, aprendizado, estudo, medo, alegria, incômodo, coragem, tristeza, dor, luto e amor. Sorte a minha que me mantive perto de ambientes acolhedores, de ter encontrado esses ambientes acolhedores, que me trouxeram paz e transmitiram forças durante esse período. Sorte de ter me aproximado e da vida ter me apresentado pessoas acolhedoras desde o começo da graduação. Um mais que especial agradecimento à Irina Kawashima, Profª Dra. Raquel Santos Marques de Carvalho, Prof Dr. Marcelo Baptista de Freitas, TAE MsC. Marcelo Mariano Silva, por serem responsáveis por esse ambiente acolhedor que foi o

PET Tecnologias em Saúde, durante grande parte da minha formação.

Aos meus amigos que se mantiveram próximos durante essa fase Caroline Kaghara, Irina Kawashima, Karina Fructuoso, Guilherme Saito, Victor Takeuchi, Lucas Vaughan, Roberto Tagusagawa, Yi Ju, Luisa Xavier, e tantos outros amigos do IFSP, do PET e Unifesp. Saibam que vocês têm um espaço especial no meu coração. O apoio de vocês foi imprescindível nessa fase. Amo vocês, obrigada por existirem!

Às Prof^ª Dra. Norma Allemann, Prof^ª Dra. Nívea Ferraz, Prof^ª Dra Ana Luisa Höfling-Lima Farah, Prof^ª Dra. Solange Salomão, Prof^ª Adriana Berezovsky e Dr. Luiz Alberto Soares de Melo Jr., por todas as oportunidades de aprendizado que me foram dadas, muito obrigada. Por toda experiência profissional à equipe do Hospital São Paulo e do Centro Oftalmológico São Paulo, também sou muito grata.

Todo o caminho trilhado até a escrita deste documento foi totalmente fora do planejado, do que eu havia pensado para minha vida quando iniciei esta graduação. Mas essa foi a graça da vida, não me deu o que eu queria, mas o que eu precisava. Não deixou de ser essencial para meu crescimento. Pelo contrário, me deu oportunidades de encontrar o que eu gosto, enfrentando dificuldades para depois superá-las.

Como disse Cortella: "Coragem não é ausência do medo. É a capacidade de enfrentar o medo.", e também "A sorte segue a coragem". Hoje me sinto sortuda por ter sido acompanhada por tantas pessoas queridas nesses incontáveis momentos e de ter a companhia delas enquanto despertava para enfrentar a vida com coragem. Apesar do medo, contei com todas essas pessoas a quem dediquei meu tempo para escrever como sou grata.

Consegui, enfrentei com coragem, as derrotas, vitórias, sem desistir, assim como o Softbol, a família, os amigos e os professores me ensinaram.

Obrigada.

*"Continue a nadar",
sem esquecer que "ainda temos muito a aprender".
(WALTERS, Graham; Procurando Nemo, 2003)
(KONOMI, Takeshi; The Prince of Tennis, 2005)*

Resumo

O Glaucoma Primário de Ângulo Fechado é um dos tipos mais agressivos de Glaucoma, que causa uma perda visual súbita importante, em pessoas que desconhecem seu diagnóstico. A Gonioscopia é o exame diagnóstico padrão ouro para identificar e diagnosticar os casos de suspeita de fechamento angular, e é feita por um oftalmologista altamente treinado, especialista em Glaucoma. Os estudos sobre o exame de Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Anterior - OCT-SA, têm mostrado como o equipamento teve melhorias em sua tecnologia de obtenção de imagem ao longo dos anos, principalmente de qualidade, permitindo que se façam medidas de parâmetros anatômicos do ângulo iridocorneano, sendo AOD, TISA, TIA e ARA os principais. O OCT-SA também permite a documentação para planejamento do tratamento e intervenções, se tornando um bom complemento ao exame de Gonioscopia, com a vantagem de não tocar no paciente e de ser um exame rápido, indolor, altamente reprodutível, necessitando apenas de um operador que obtenha imagens e seja capaz de identificar estruturas anatômicas, tal como o Esporão Escleral que é imprescindível no diagnóstico correto desta condição ocular.

Palavras-chaves: Glaucoma. Glaucoma Primário de Ângulo Fechado. Fechamento Angular. Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Anterior. OCT-SA. Esporão Escleral. Pressão Intraocular. Gonioscopia. Ângulo iridocorneano.

Abstract

Primary Angle Closure Glaucoma is one of the most aggressive types of Glaucoma, which causes sudden major visual loss in people who are unaware of its diagnosis. Gonioscopy is the gold standard diagnostic test to identify and diagnose cases of narrow angle and is performed by a highly trained ophthalmologist, a Glaucoma specialist. Studies on the Anterior Segment Optical Coherence Tomography exam - OCT-SA, have shown how the equipment has improved its image acquisition technology over the years, mainly in quality, allowing the measurement of anatomical parameters of the iridocorneal angle, with AOD, TISA, TIA and ARA being the main ones. The OCT-SA also allows documentation for treatment planning and interventions becoming a good complement to the Gonioscopy exam, with the advantage of not touching the patient and being a quick, painless, highly reproducible exam, requiring only an operator that obtains images and is able to identify anatomical structures, such as the Scleral Spur, which is essential in the correct diagnosis of this eye condition.

Key-words: Glaucoma. Primary Angle Closure Glaucoma. Angle Closure. Anterior Segment Optical Coherence Tomography. AS-OCT. Scleral Spur. Intraocular Pressure Gonioscopy. Iridocorneal Angle.

Lista de figuras

1	Corte transversal de OCT mostrando anatomia do Segmento Anterior.	14
2	Ilustração com detalhes, de estruturas e organização do ângulo irido- corneano sem alterações fisiológicas.	18
3	Imagem com os princípios físicos empregados pelas tecnologias do exame de OCT.	21
4	Esquema de funcionamento do SLD emissor em um SD-OCT. . . .	22
5	Esquema de funcionamento de disparos de luz do emissor em um SS-OCT	23
6	Medidas de <i>Lens Vault</i> comparativo CASIA2 e Visante® OCT . .	24
7	Medidas do ângulo obtidas em um Spectralis® OCT de um paciente saudável.	26
8	Medidas do ângulo e ITC obtidas em um CASIA SS-1000 OCT. . .	27
9	Diferentes parâmetros do ângulo, obtidas em um CASIA SS-1000 OCT	28

Lista de abreviaturas e siglas

A-Scan	Corte de imagem em Modo A
ACA	Ângulo da câmara anterior (<i>Anterior Chamber Angle</i>)
ACD	Profundidade da câmara anterior (<i>Anterior Chamber Depth</i>)
ACW	Largura da câmara anterior (<i>Anterior Chamber Width</i>)
AOD	Distância de Abertura do Ângulo (<i>Angle Opening Distance</i>)
ARA	Área de não-contato do ângulo (<i>Angle Recess Area</i>)
EE	Esporão Escleral (<i>Scleral Spur</i>)
FAP	Fechamento Angular Primário
FD-OCT	OCT de Domínio de Fourier (<i>Fourier Domain-OCT</i>)
GPAA	Glaucoma Primário de Ângulo Aberto (<i>Primary Open Angle Glaucoma</i>)
GPAF	Glaucoma Primário de Ângulo Fechado (<i>Primary Angle Closure Glaucoma</i>)
ITC	Contato iridotrabecular (<i>Iridotrabecular Contact</i>)
LS	Linha de Schwalbe
LV	<i>Lens Vault</i>
MT	Malha Trabecular
OCT	Tomografia de Coerência Óptica (<i>Optical Coherence Tomography</i>)
OMS	Organização Mundial da Saúde (<i>WHO</i>)
PIO	Pressão Intraocular
SA	Segmento Anterior
SSA	Ângulo do Esporão Escleral (<i>Scleral Spur Angle</i>)
SLD	Diodo Superluminescente (<i>Superluminescent Diode</i>)
SP	Segmento Posterior

SD-OCT	OCT de Domínio Espectral (<i>Spectral Domain</i> OCT)
SS-OCT	OCT de Fonte de Varredura (<i>Swept Source</i> OCT)
TD-OCT	OCT de Domínio Temporal (<i>Time Domain</i> OCT)
TIA	Ângulo íris trabecular (<i>Trabecular Iris Angle</i>)
TISA	Área do espaço íris trabecular (<i>Trabecular Iris Space Area</i>)

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Delimitação do tema ou problema	11
1.2	Delimitação do trabalho	12
1.3	Objetivos	12
1.3.1	Objetivos Gerais	12
1.3.2	Objetivos Específicos	13
2	FISIOPATOLOGIA DO FECHAMENTO ANGULAR	14
3	GONIOSCOPIA EM SUSPEITOS DE FECHAMENTO AN- GULAR	17
4	TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA DE SEGMENTO ANTERIOR	19
4.1	Tecnologia do exame de OCT	20
4.1.1	<i>Time-Domain</i> - Domínio Temporal	20
4.1.2	<i>Spectral-Domain</i> - Domínio Espectral	21
4.1.3	<i>Swept-Source</i> - Fonte de Varredura	22
4.2	Modelos de OCT-SA	23
4.2.1	Visante® OCT 1000 (Carl Zeiss Meditec, Dublin, EUA)	23
4.2.2	Cirrus™ HD-OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, EUA)	24
4.2.3	Spectralis® (Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, DE)	25
4.2.4	RTVue (Optovue Inc., Fremont, EUA)	26
4.2.5	DRI OCT-1 Triton (Topcon Corporation, Tóquio, JP)	26
4.2.6	CASIA SS-1000 OCT (Tomey Corporation, Nagoya, JP)	26
4.2.7	CASIA2 (Tomey Corporation, Nagoya, JP)	27
5	CONCLUSÃO	29
5.1	Trabalhos futuros	29
	Referências	31

1 Introdução

O Glaucoma é a doença ocular responsável pela maior causa de cegueira irreversível e a pela segunda maior causa de cegueira no mundo (sendo a catarata a primeira, que é reversível). Trata-se de uma doença ocular silenciosa, que não apresenta sintomas e gradativamente afeta a visão, causando perda de campo visual irreparável¹.

Em 2020, segundo estimativas epidemiológicas da OMS, são cerca de 76,0 milhões de pessoas no mundo, com Glaucoma. Destas, 11,9 milhões apresentam deficiência visual ou cegueira moderada/grave por consequência do Glaucoma. No Brasil a estimativa é de que 900 mil pessoas vivam com Glaucoma. Para 2040, a estimativa é de 111,8 milhões de pessoas com Glaucoma no mundo². No Brasil, a cada três pessoas com Glaucoma, um é do tipo Ângulo Fechado, representando 300 mil pessoas nestas condições¹.

O Glaucoma pode ser caracterizado como uma elevação da Pressão Intraocular (PIO) que causa lesões em estruturas da retina. O aumento de PIO ocorre principalmente por um desequilíbrio no sistema de produção-drenagem do humor aquoso, líquido que irriga e faz o aporte nutricional das lentes transparentes que estão presentes na câmara anterior (córnea e cristalino). O desequilíbrio do sistema produção-drenagem do humor aquoso possui várias etiologias, sendo uma delas por alterações anatômicas nas estruturas: corpo ciliar, íris, cristalino, seio camerular e malha trabecular. Essas alterações anatômicas podem causar alterações de funções, causando assim o aumento da PIO³.

Desta forma, o Glaucoma pode ser classificado quanto à causa de aumento da PIO, sendo elas: Glaucoma Primário de Ângulo Fechado (GPAF), Glaucoma Primário de Ângulo Aberto (GPAA); Glaucoma Secundário (a tumores, cirurgias, traumas, infecções, medicações, doenças sistêmicas, inflamações, causas neovasculares, dispersão pigmentar, pós-hemorragico, por pseudo-esfoliação e aumento da pressão venosa episcleral); e também na forma congênita, com defeitos na formação de estrutura anatômica⁴.

1.1 Delimitação do tema ou problema

Dentre os diversos tipos de Glaucoma, o presente trabalho trata do Glaucoma Primário de Ângulo Fechado (GPAF). O GPAF é a forma mais agressiva e silenciosa do Glaucoma, que não apresenta sinais ou sintomas, e com o fechamento angular crônico aumentando até o momento em que a obstrução é muito alta e uma crise aguda surge. Mesmo sendo a forma menos prevalente, o GPAF em dados epidemiológicos está próximo dos demais tipos de Glaucoma em números como causador de cegueira no mundo, o

que é um dado preocupante, e que registra a importância de se identificar e prevenir uma crise pelo fechamento angular e assim evitar danos neuropático-glaucomatosos¹.

São fatores de risco para o desenvolvimento de GPAF: A.Demográficos: sexo feminino, ascendência asiática, história familiar positiva; B.Oculares: hipermetropia, menor curvatura da córnea, profundidade de câmara anterior rasa, diâmetro axial curto, íris espessa, volume do cristalino aumentado¹.

1.2 Delimitação do trabalho

O trabalho traz uma revisão literária sobre a indicação do exame de Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Anterior (OCT-SA) como ferramenta auxiliar para a equipe médica a identificar os pacientes suspeitos de fechamento angular, documentar e registrar a progressão do fechamento angular com parâmetros, buscando a prevenção da perda de visão nesses pacientes no caso de agravamento do caso.

Foram feitas buscas nas seguintes bases de dados: *ARVO® Journals* (Associação para Pesquisa em Oftalmologia e Visão) e *PubMed®* (National Library of Medicine), buscando os termos ***Angle Closure Glaucoma***, ***OCT*** e ***Anterior Segment***. As buscas ocorreram nos meses de Dezembro de 2020 à Fevereiro de 2021.

1.3 Objetivos

Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão literária dos achados relacionados ao estudo do ângulo, através das imagens de Segmento Anterior que são obtidas com o OCT, auxiliando na identificação dos parâmetros, diferentes técnicas, tecnologias dos equipamentos para auxiliar na identificação precoce e acompanhamento da progressão do GPAF em pacientes que apresentam a doença, bem como levantar as vantagens e desvantagens do uso da tecnologia do equipamento de Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Anterior (OCT-SA) em pacientes que apresentam suspeita de fechamento angular.

1.3.1 Objetivos Gerais

Revisar os achados da literatura que tragam informações relevantes sobre os parâmetros, técnicas e limitações de diferentes equipamentos que realizam o exame de OCT-SA para estudo e documentação do ângulo, e como podem ser usados para confirmação diagnóstica de GPAF.

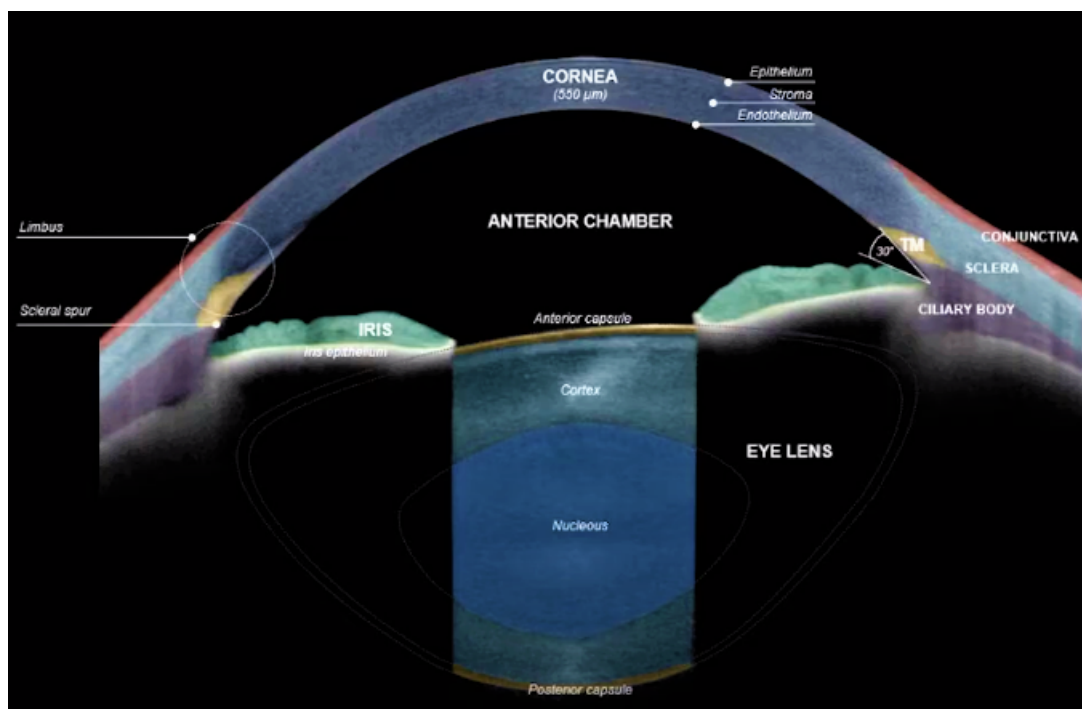
1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar quais parâmetros do exame de OCT-SA podem ser utilizados como ferramenta de apoio ao diagnóstico de Fechamento Angular Primário - FAP.
- Destacar a importância da identificação das estruturas anatômicas ao exame de OCT-SA, especialmente o Esporão Escleral por parte do operador, no momento da aquisição e tratamento das imagens.

2 Fisiopatologia do Fechamento Angular

O fechamento angular é uma condição anatômica que ocorre no segmento anterior do olho (Figura 1), na câmara anterior, no qual a periferia da íris começa a formar adesões na parede do endotélio da córnea, junto à formação da malha trabecular, formando sinéquias anteriores - goniossinéquias. O ângulo iridocorneano se estreita ou se fecha e quando essa condição se estende em toda a borda da câmara anterior, pode causar um bloqueio na drenagem do Humor Aquoso. O fechamento angular acima de 180º em extensão, ao exame de Gonioscopia, acompanha um diagnóstico de **Fechamento Angular Primário**.¹.

Figura 1 – Corte transversal de OCT mostrando anatomia do Segmento Anterior.



Fonte: ANTERION Online Course (2020)⁵.

Tradução das estruturas no sentido antero-posterior: Epithelium - Epitélio / Stroma - Estroma / Endothelium - Endotélio / Limbus - Limbo / Conjunctiva - Conjuntiva / Sclera - Esclera / TM - Malha Trabecular / Scleral Spur - Esporão Escleral / Iris - Íris / Iris Epithelium - Epitélio da Íris / Ciliar Body - Corpo Ciliar / Eye Lens - Cristalino / Anterior capsule, cortex, nucleous, posterior capsule - Cápsula anterior, córtex, núcleo e cápsula posterior do cristalino.

Ao exame da gonioscopia, quando um paciente é examinado sob ambiente escuro, com fenda luminosa estreita, em posição primária do olhar, sem realizar manobras complementares e é impossível de identificar a porção pigmentada da malha trabecular em

180º, não apresenta elevação da PIO, goniossinéquias, neuropatia óptica glaucomatosa ou indícios de aposicionamento da malha iridotrabecular, o paciente é ainda considerado um caso de **Suspeita de Fechamento Angular Primário** e essa evolução pode ocorrer silenciosamente, sem apresentar sintomas¹.

O fechamento angular provoca um desequilíbrio no sistema produção-drenagem do Humor Aquoso, pois leva a um bloqueio da drenagem do Humor Aquoso que ocorre na malha trabecular. Com o bloqueio da malha trabecular e com a continuidade da sua produção no corpo ciliar, o Humor Aquoso se acumula na câmara anterior, podendo causar aumento abrupto da Pressão Intraocular¹.

O FAP é uma condição progressiva silenciosa e pode levar a um aumento abrupto da PIO, como resposta a uma crise aguda. Somente em uma crise apresenta sintomas como dor ocular, cefaléia, náuseas, vômitos, baixa de visão, e sinais, como PIO acima de 40 mmHg, baixa de acuidade visual, edema de córnea, hiperemia conjuntival¹.

O **Glaucoma Primário de Ângulo Fechado** é o diagnóstico de olhos que apresentam neuropatia óptica glaucomatosa, elevação da PIO, causadas pelo FAP, e que apresentam defeitos no campo visual¹.

Crises de aumento da PIO podem levar a uma perda consideravelmente grave no campo visual, principalmente nos casos de fechamento de ângulo, se não tratado. Nesses casos é importante que o fechamento de ângulo possa ser detectado antecipadamente, a fim de evitar uma crise. O exame diagnóstico para detecção do FA, padrão ouro, é a Gonioscopia, realizada por médico oftalmologista¹.

Como método complementar, a Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Anterior - OCT-SA pode ser uma ferramenta diagnóstica de grande auxílio. Para o Glaucoma, Ang et al. (2018)⁶ descreve a importância do OCT-SA não apenas para o acesso ao ângulo, como o planejamento de MIGS (*Micro-Invasive Glaucoma Surgery*), além da identificação do mecanismo que está causando o bloqueio do humor aquoso que elevam a PIO. Weinreb et al. (2014)⁷ descreve como alterações na íris (sinéquias anteriores e posteriores, aumento de espessura), córnea (alterações no endotélio), cristalino (anteriorização ou alteração do tamanho), e corpo ciliar (anteriorização ou hipertrofia, com excesso de produção do humor aquoso). O aumento da PIO ainda pode ser causado por falhas no sistema de malha trabecular.

O GPAF pode alcançar um nível de pressão intraocular que causa danos irreparáveis à estrutura do nervo óptico, além de trazer dor ocular, cefaléia, hiperemia durante as crises. Para o tratamento de uma crise aguda de elevação da PIO é necessário fazer uma punção no paciente, com medicação hipertônica, fazendo o paciente perder líquido o mais rápido possível e outra medicação para aumentar a vazão do humor aquoso e/ou para diminuir a produção do humor aquoso. Em alguns casos é necessário realizar uma

iridotomia de emergência.

3 Gonioscopia em Suspeitos de Fechamento Angular

O Glaucoma é uma doença progressiva e silenciosa que deve ser investigada e necessita de acompanhamento. Para diagnosticar casos de suspeitos de FA é feito a medida da PIO e investigação também no ângulo iridocorneano por meio de lentes prismáticas de Gonioscopia¹.

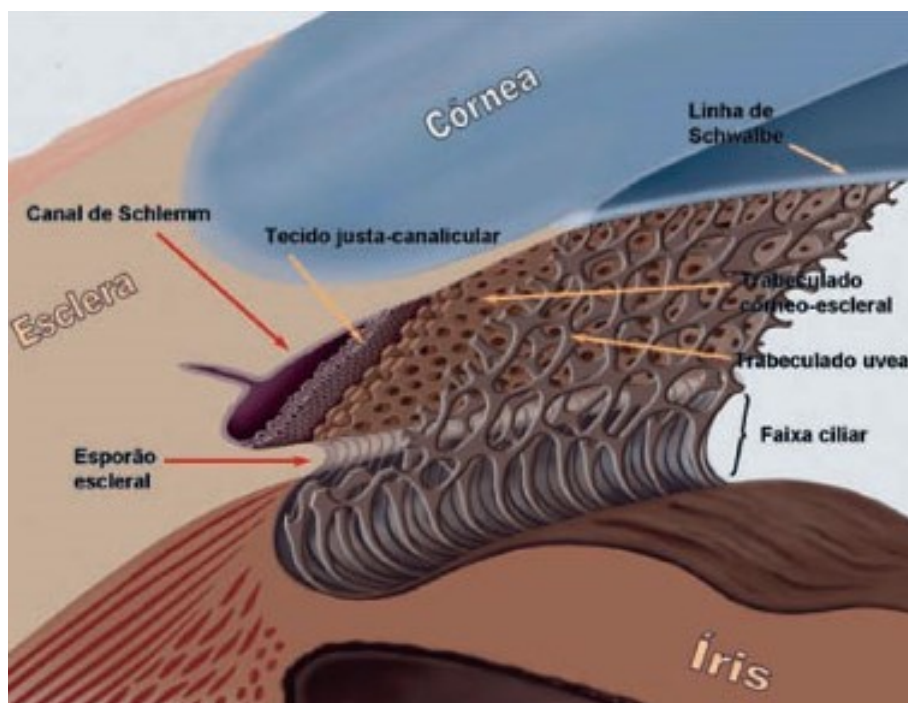
A Gonioscopia é um método descrito por Almeida et al. (2010)⁸ e possui limitações por ser um método subjetivo, qualitativo e que pode apresentar muita variabilidade entre oftalmologistas gerais e especialistas⁹. Requer instilação de colírio anestésico, pode ser feito com paciente deitado ou sentado, com ou sem a lampada de fenda e a córnea do paciente é identada, permitindo visualização e manobras. Para que uma boa Gonioscopia aconteça, é necessário muito treinamento e especialização do oftalmologista.

O OCT-SA com tecnologias de Swept Source se mostra uma alternativa à Gonioscopia para avaliação do Segmento Anterior (SA). Traz parâmetros como ACA, AOD, TIA, TISA, com a vantagem de ser um método sem contato, de fácil reprodutibilidade (tanto entre equipamentos, como por operador), como descreve Xu et al. (2020)¹⁰. A limitação na análise está no operador, que deve ser altamente treinado para identificar estruturas anatômicas como o Esporão Escleral (EE).

Almeida et al. (2010)⁸ define o EE como uma projeção interna da esclera. Corresponde à porção posterior do chamado sulco escleral interno, onde se aloja o canal de Schlemm. É no Esporão Escleral que se inserem as trabéculas corneoesclerais e corresponde ao limite posterior da malha trabecular. Quase a totalidade das fibras longitudinais do músculo ciliar também se insere no esporão escleral, possível de se observar na Figura 2.

O padrão ouro é discutido por Chansangpetch et al. (2018)¹¹, que discute a sensibilidade e especificidade do OCT-SA e Gonioscopia, sugerindo que os diagnósticos de FAP aumentariam se mais pacientes fossem submetidos ao exame, assim como mais específicos seriam os diagnósticos, se os mesmos pacientes fossem examinados com a Gonioscopia, nesta sequência.

Figura 2 – Ilustração com detalhes, de estruturas e organização do ângulo iridocorneano sem alterações fisiológicas.



Fonte: Almeida et al. (2010)⁸

4 Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Anterior

A Tomografia de Coerência Óptica é um dos exames de imagens mais utilizados na medicina. É um exame que utiliza a emissão e recepção de luz, portanto o tecido a ser examinado deve ter propriedades como baixa absorção de luz, baixa refringência entre os meios e alta refletividade à luz para que um bom exame seja possível^{5 12 13}.

A tecnologia do exame consiste em emitir uma luz de baixa coerência óptica, e o receptor consegue captar a luz que é refletida pela estrutura. No olho, é possível realizar o OCT tanto no segmento posterior (para análise de retina, mácula, nervo óptico), como no segmento anterior (córnea, câmara anterior, íris e cristalino), devido à característica de refletividade dessas estruturas ao exame^{12 14 15}.

Para a realização do exame o paciente deve se manter parado, encostando o queixo e a testa no apoio do equipamento, por um breve período de tempo (5 a 10 minutos), e mantendo uma boa fixação durante as aquisições de imagem¹³.

No exame de OCT-SA é possível ver a organização anatômica e obter parâmetros das estruturas, como espessura da córnea, ângulo iridocorneano, profundidade da câmara anterior, *Lens Vault* e com uma grande vantagem: sem encostar no olho do paciente, sendo um exame rápido, indolor, de grande reprodutibilidade e sem necessidade de instilar colírio anestésico em comparação com o exame de gonioscopia, que é o método clínico padrão ouro para observar o ângulo¹³.

Angmo et al. (2016)¹⁶ indica que o OCT-SA pode ser utilizado para obter parâmetros do ângulo, da câmara anterior, da íris e do *Lens Vault*.

O OCT-SA apresenta algumas limitações por não conseguir penetrar no corpo ciliar e em tecidos opacos, sendo indicado para diagnósticos como íris em platô. Como não é um método de contato, não é possível realizar manobras de indentação para determinar se há uma sinéquia ou aposição¹⁶.

Kudsieh et al. (2019)¹⁷ traz uma revisão bibliográfica com as definições dos parâmetros obtidos pelo OCT-SA, trazendo à discussão os diferentes usos do OCT-SA para outras condições oculares para além do Glaucoma. *Trabecular Iris Space Area* (TISA), *Trabecular Iris Area* TIA, *Angle Opening Distance* (AOD), Malha Trabecular (MT) e algumas imagens de OCT em que são possíveis realizar essas medidas, sem porém especificar qual medida foi feita por determinado equipamento.

4.1 Tecnologia do exame de OCT

O exame de OCT-SA, assim como a Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Posterior (OCT-SP) é uma técnica sem contato, não invasiva, de rápida obtenção de imagens em cortes do tecido ocular de interesse. O exame utiliza o princípio físico da interferometria de baixa coerência: uma fonte emissora, emite uma luz de baixo comprimento de onda na direção das estruturas de interesse. Sendo a estrutura capaz de refletir essa luz, o equipamento possui um receptor para as luzes refletidas pelas estruturas do olho e assim faz uma análise e forma uma imagem em cortes do tecido, que são chamadas de A-Scan¹⁵.

As análises feitas para formação das imagens em cortes possuem diferenças entre os equipamentos e dependem de tecnologia utilizada, exemplificadas na Figura 3. Nos itens dos tópicos a seguir, estão descritas as diferentes formas, especificidades e técnicas dessas tecnologias.

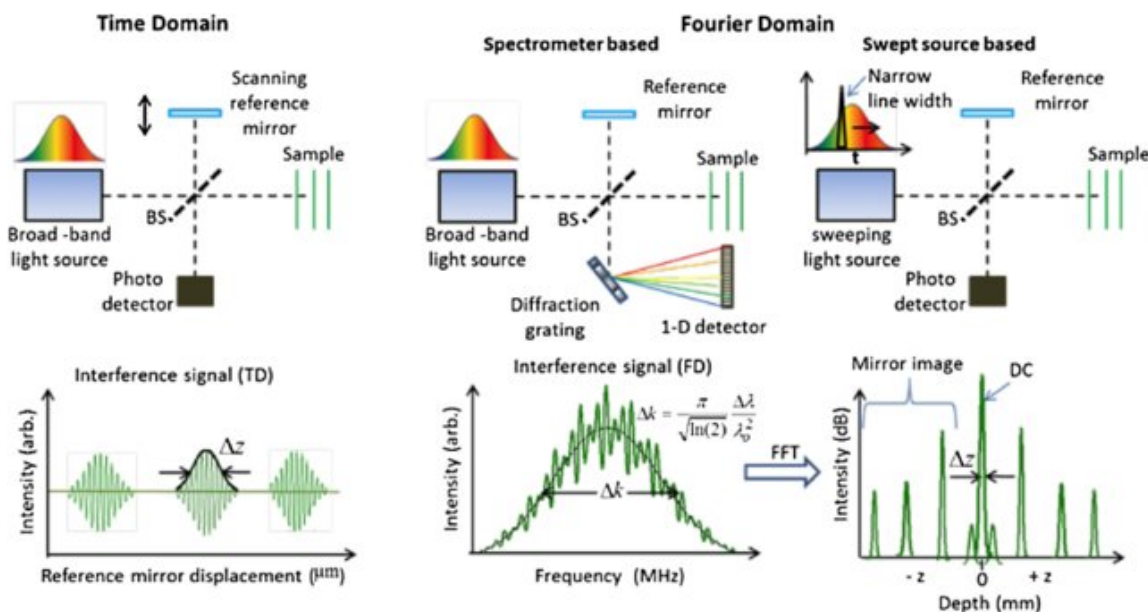
4.1.1 *Time-Domain* - Domínio Temporal

O OCT1, OCT2 e Stratus (Carl Zeiss Meditec) foram os primeiros equipamentos fabricados de Tomografia de Coerência Óptica para tecidos oculares. O Stratus representou uma grande mudança quando foi lançado em 1995¹⁹. Para análise das camadas da retina, houve uma grande evolução no estudo das doenças que atingiram o polo posterior, pois foi possível a visualização em cortes das camadas da retina. A tecnologia utilizada por este equipamento era de Time-Domain, que permitia obter sem contato com o paciente, imagens da retina. Porém com muitas limitações, a qualidade da imagem não era boa devido à limitação da técnica¹⁴.

A análise era feita sobre o sinal de onda refletida pelo olho e entre a luz de referência emitida em direção a um espelho interno, que muda de posição, no equipamento. Para a formação da imagem, a análise compara os formatos de onda da luz que passam e são refletidas por essas duas estruturas (fundo de olho e espelho), comparando o tempo entre as ondas e somando as ondas semelhantes para formar uma imagem A-Scan. A limitação da qualidade da imagem se deve ao tempo de demora de processamento dessa soma e da limitada quantidade de ondas que o receptor poderia receber simultaneamente para análise e do tempo do exame, que era o tempo levado pela variação da posição do espelho¹³.

Atualmente há um equipamento no mercado que ainda utiliza essa técnica: Visante® (Carl Zeiss Meditec). É um OCT desenvolvido especificamente para o Segmento Anterior e será descrito mais a frente.

Figura 3 – Imagem com os princípios físicos empregados pelas tecnologias do exame de OCT.



Fonte: Drexler et al. (2014)¹⁸

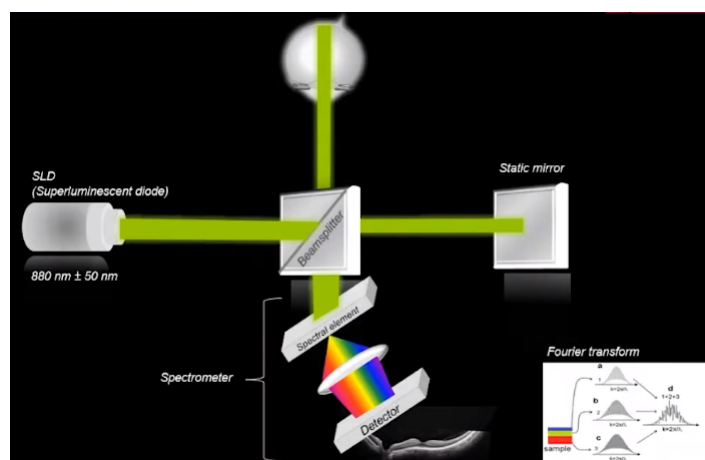
À esquerda, Time Domain - *Domínio Temporal*, com emissor de luz do tipo Superluminescet Diode (SLD) e receptor que interpreta todas as ondas que chegam sem discriminação, tratamento de sinal ou filtros. **Ao centro**, Spectral Domain - *Domínio Espectral*, também com emissor de luz SLD e um espectrômetro acoplado no receptor do sinal, trazendo uma onda final com maior intensidade. Nota-se que essa onda ainda passa por um processamento (na seta FFT de Fast Fourier Transformation, que consiste em uma operação matemática que transforma o sinal de onda para a final à direita. Além de ter uma intensidade maior, apresenta os picos característicos de uma interferência de baixa coerência, sendo o princípio físico que permite realizar medidas de estruturas microscópicas, o que trouxe a melhoria na definição e qualidade da imagem do OCT. **À direita**, Swept Source - *Fonte de varredura*, traz o diferencial na fonte de emissão de luz: o emissor não envia um único disparo de luz com variação de comprimento de onda (um espectro). No Swept Source, o emissor envia múltiplos disparos, variando dentro de um espectro de onda, com intervalos muito curtos. O receptor que recebe o sinal final a ser processado é semelhante ao gráfico central, mas com menos ruídos e alta intensidade, gerando uma qualidade ainda maior de imagens, em um intervalo de tempo ainda menor. Em ambos OCTs de FD-OCT, a análise do sinal é feita apenas no pico mais alto, apontado na seta com o DC, sendo essa característica que torna o exame mais rápido.

4.1.2 Spectral-Domain - Domínio Espectral

Os OCTs de Domínio Espectral se diferem dos de Domínio Temporal por realizarem uma análise com um espectrômetro. O espectrômetro separa os diferentes formatos de ondas de luz que chegam refletidos do olho e faz um processamento utilizando a Transformada de Fourier (Figura 4). Essa ferramenta matemática trouxe aos sistemas de processamento do OCT uma agilidade de até 7 vezes. O exame de OCT passou a ser facilmente adquirido em questões de minutos e seu processamento ocorre simultaneamente à aquisição de imagem, auxiliando o operador do exame a repetir

quando há necessidade (no caso do paciente não manter boa fixação, piscar, etc)¹⁵.

Figura 4 – Esquema de funcionamento do SLD emissor em um SD-OCT.



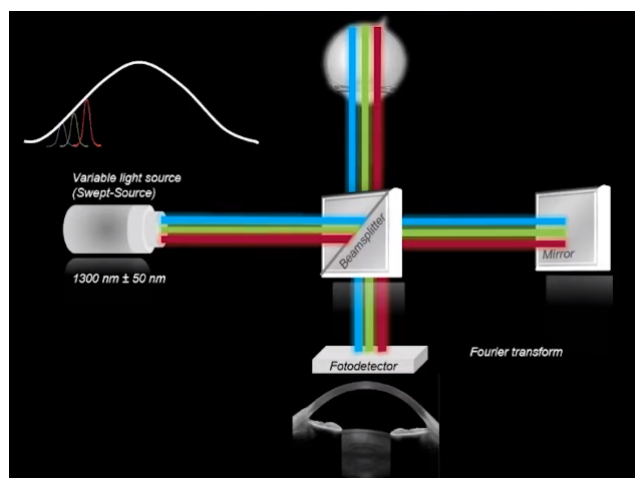
Fonte: ANTERION Online Course (2020)⁵ 3min 43s

A técnica ainda mantém a mesma emissão de onda, que emite um espectro, com um Diodo Superluminescente (SLD). Um *Spectral Domain-OCT* (SD-OCT) é capaz de realizar até 100.000 A-Scans/s, enquanto que um *Time Domain - OCT* (TD-OCT) chega a 2.600 A-Scans/s⁵. Alguns exemplos de OCT-SD são o Cirrus™ HD OCT, Spectralis® e RTVue.

4.1.3 Swept-Source - Fonte de Varredura

O Swept-Source ou SS-OCT consiste numa técnica que emite um comprimento de onda de infravermelho maior, de 1250 a 1380nm, com imagens de 360°. O comprimento de onda maior faz com que as ondas refletidas pelo tecido sofram menor interferência, resultando numa alta qualidade de imagem. Além disso, o equipamento também faz uma análise de onda utilizando a série de Fourier. A diferença com a tecnologia anterior de Domínio Espectral está na emissão da luz e captação da luz refletida pelo tecido: o SS-OCT emite pulsos de luz de um espectro de comprimento, e recebe essas ondas, analisando-as para formar as imagens (Figura 5). Isso torna o exame ainda mais rápido, obtendo imagens a uma velocidade que varia de 30.000 a 100.000 A-Scans por segundo. O SD-OCT emite um pulso de luz de comprimento de onda que varia em um espectro e recebe os comprimentos de onda refletidos, também alcançando velocidade de 100.000 Scans/segundo. Estão entre os SS-OCT os equipamentos dos modelos CASIA SS-OCT, CASIA2, ANTERION®¹⁶.

Os exames de OCT de segmento anterior são utilizados para análises de ectasias corneanas, avaliações de ceratometria (cicatrizes de cirurgias refrativas), biometria da câ-

Figura 5 – Esquema de funcionamento de disparos de luz do emissor em um SS-OCT

Fonte: ANTERION Online Course (2020)⁵ 5min 24s

mara anterior, estudo do ângulo, anormalidades na córnea e esclera, anéis intraestromais, transplantes de córnea, tumores no segmento anterior.¹⁵

4.2 Modelos de OCT-SA

A seguir os modelos mais utilizados, alguns ainda sem registro da ANVISA, e o que a literatura traz de informação sobre concordância entre os equipamentos e outras informações.

4.2.1 Visante® OCT 1000 (Carl Zeiss Meditec, Dublin, EUA)

O equipamento é um OCT desenvolvido especificamente para realizar medidas de SA, fabricado pela Carl-Zeiss Meditec, Dublin, USA. A tecnologia do exame utiliza domínio temporal (TD-OCT), com um diferencial: o comprimento de onda do emissor é de 1300nm. O comprimento de onda maior permite que as ondas penetrem ainda mais no tecido, fazendo com que o Visante® tenha uma boa qualidade de imagem⁹, apesar na tecnologia antiga de TD-OCT que tem velocidade baixa de aquisição de imagens (2.000 Scans/seg). A penetração axial da aquisição de imagem dos tecidos está na faixa de 10-20 μm e a transversal, de 60 μm . A Figura 6 mostra uma medida obtida com o equipamento.

O Visante® é um dos equipamentos mais utilizados para estudos do ângulo da câmara anterior. Análises feitas mostram que o Visante® detecta mais o fechamento angular em imagens obtidas em 2 quadrantes (Superior e Inferior) de 4 (Superior, Inferior, Nasal e Temporal) comparados com a gonioscopia feita por fellow em treinamento de Glaucoma²⁰. Em outro estudo conduzido por Zheng et al. (2014)²¹, comparando a

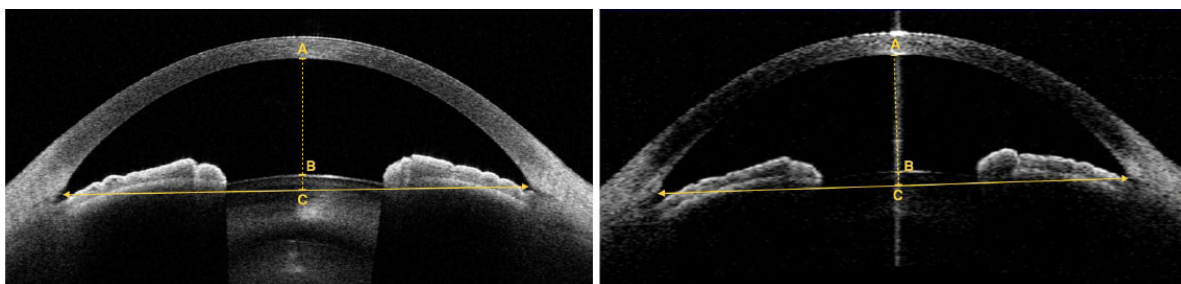
gonioscopia feita por examinador experiente, o Visante® identifica mais quadrantes fechados apesar de não ser possível realizar varreduras em 360°.

Em outro estudo que avalia a concordância entre o Visante® OCT 1000 e o Cirrus™ HD OCT 5000 e a avaliação da Gonioscopia na análise do ângulo²², mostra que existe uma concordância moderada entre os equipamentos de OCT, na identificação de um ângulo fechado ($K=0.65$; 95% CI).

Comparado com outro equipamento de OCT SA com tecnologia de Swept-Source (CASIA2 - Tomey Corporation, Nagoya, JP), o Visante® OCT apresenta grande correlação em medidas como LV e ACD (0,925 e 0,992, respectivamente) e moderada em ACW (0,801). Os dois equipamentos no geral têm uma boa concordância, mas CASIA2 tende a dar maiores valores. Concordância feita com Bland-Altman mostra uma diferença média mínima nas medidas (-0,089 a 0,063 μm) de AOD, ARA e ACD em alguns quadrantes, segundo Chansangpetch et al. (2018)²³.

Niwas et al. (2016)²⁴ usou as imagens do Visante® OCT para montar Redes Neurais Profundas, na tentativa de ajudar a identificar os diferentes mecanismos que podem levar ao desenvolvimento do GPAF, uma ferramenta matemática que pode ser explorada pela medicina para o apoio ao diagnóstico.

Figura 6 – Medidas de Lens Vault comparativo CASIA2 e Visante® OCT



Fonte: Chansangpetch et al. (2018)²³

À esquerda, corte obtido com CASIA2. À direita corte obtido com o Visante® OCT

4.2.2 Cirrus™ HD-OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, EUA)

O Cirrus™ HD-OCT, possui registro na ANVISA dos modelos 400, 4000, 6000, 500 e 5000. É um OCT com tecnologia Domínio Espectral, que utiliza uma fonte de luz de Diodo Superluminescente de comprimento de onda de 750 a 840 nm, resolução axial variando de 10 μm e transversal de 25 a 45 μm , a depender do modelo.

O módulo de obtenção de imagens do Segmento Anterior ocorre a partir do acoplamento de uma lente. O modelo 500 e 5000 trazem lentes diferentes para câmara

anterior e para a córnea, segundo a fabricante²⁵. Já os modelos 4000 e 400 não possuíam lentes no lançamento, realizando as medidas de ângulo. Em nova versão de software, de 2015, foram desenvolvidas e as lentes podem ser adquiridas com as licenças do equipamento para o SA²⁶.

As medidas que podem ser feitas nesses modelos de CirrusTM são: Profundidade de Câmara Anterior (ACD), Distância de ângulo à ângulo (ACW), *Lens Vault* (LV), Área da Câmara, Espessura da Córnea, Ângulo, Distância de Abertura do Ângulo (AOD), Área do espaço íris trabecular (TISA), Ângulo do Esporão Escleral (SSA).

Em estudo que traz um comparativo do CirrusTM HD OCT 5000 com a Gonioscopia feita em Tun et al. (2017)²², traz a informação de que a gonioscopia realizada por Fellow com 10 anos de experiência na realização do exame, apresenta uma concordância moderada na identificação do FA, comparado com o equipamento ($K=0.59$; 95% CI). A especificidade (83.33%) e sensibilidade (77.78%) do equipamento em diagnosticar o FA comparado com a Gonioscopia, segundo o mesmo estudo, também são consideradas boas.

Há mais estudos que comparam a concordância entre o CirrusTM com outros tomógrafos quando utilizados no estudo do ângulo da câmara anterior.

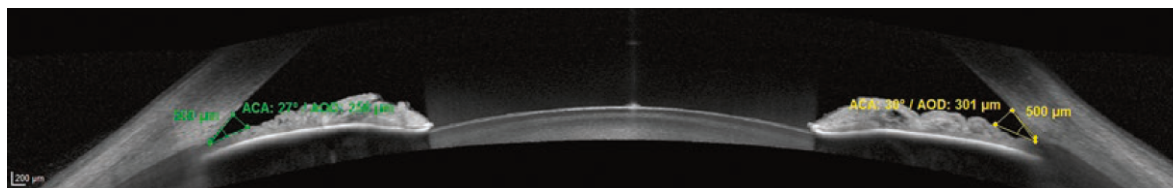
4.2.3 Spectralis® (Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, DE)

A fabricante já desenvolveu um dos primeiros OCTs de segmento anterior, em 2006. O Slit-Lamp OCTTM era de tecnologia Domínio Temporal, com comprimento de onda de 1310nm, SLD, mas comparado com o Visante® OCT, obtia 10x menos A-Scans (200 por segundo)¹².

O Spectralis® foi desenvolvido para o segmento posterior, com comprimento de 820nm de SLD com um diferencial, combinado com tecnologia SLO - *Scannin Laser Ophthalmoscope* - que facilita a obtenção de uma imagem precisa, com rastreamento do movimento¹⁵.

Existem dois modelos que são possíveis de obter imagens SA (exemplo na Figura 7). O Spectralis® HRA+OCT e Spectralis® OCT possuem esse módulo para SA e fazem medidas do ângulo.

A Heidelberg Engineering GmbH. lançou em 2018 um novo equipamento SS-OCT especificamente para o SA: ANTERION® (Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, DE). Este OCT-SA ainda não possui registro ativo na ANVISA e poucas publicações sobre o uso no estudo do ângulo para o Glaucoma foram feitas até o momento. O estudo de Xu et al.¹⁰ usou tanto este equipamento como CASIA SS-1000 na identificação do EE em população Chinesa para obter imagens e utilizar Rede Neural Profunda (*Deep Neural Network*) para identificar automaticamente a posição do EE. Os erros de posição

Figura 7 – Medidas do ângulo obtidas em um Spectralis® OCT de um paciente saudável.

Fonte: Asam et al. (2019)¹².

À esquerda medidas de ACA: 27° e AOD500: 256μm. À direita ACA: 30° e AOD500: 301μm.

do EE, tanto da Rede como do operador do exame foram semelhantes.

4.2.4 RTVue (Optovue Inc., Fremont, EUA)

Há trabalhos com os modelos RTVue RT 100 e RTVue XR 100 Avanti Edition. Para o segmento anterior é necessário que o equipamento tenha o CAM - *Cornea Anterior Module*.

Dos protocolos de aquisição de imagens para SA, os dois modelos possuem uma diferença com relação aos outros equipamentos: montam uma imagem 3D *Cornea*. Ainda é possível obter imagens dos módulos de *Pachymetry*, *Line*, *Cross Line*, *Angle*, e o *Power Validation* somente no Modulo CAM do RTVue XR 100^{27 28}.

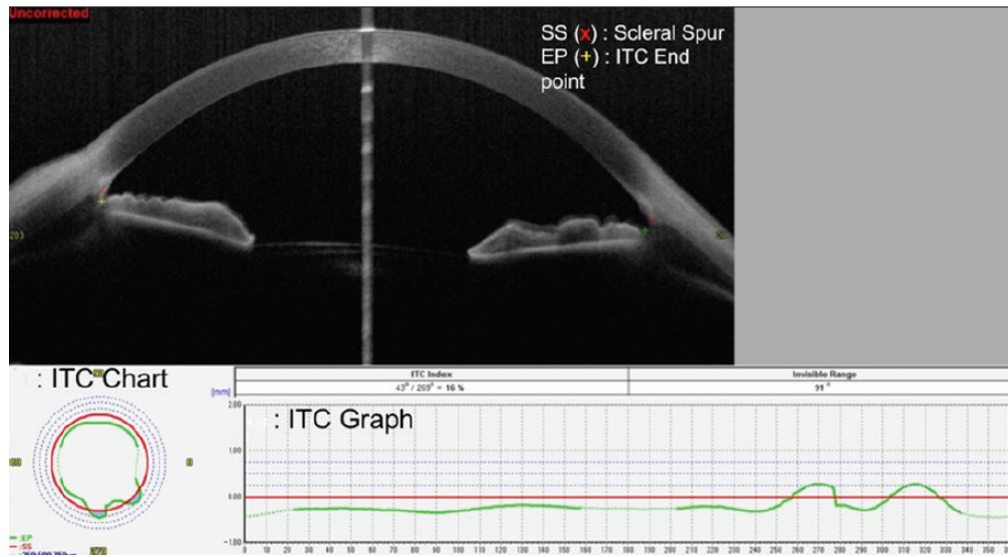
4.2.5 DRI OCT-1 Triton (Topcon Corporation, Tóquio, JP)

Triton (Topcon Inc) - O triton realiza a medida do OCT de Segmento Anterior com imagens de 3 protocolos: Imagens radiais do segmento anterior; lineares; e imagem 3D.²⁹.

4.2.6 CASIA SS-1000 OCT (Tomey Corporation, Nagoya, JP)

CASIA é um OCT Swept Source (OCT-SS) de segmento anterior. Faz A-Scans a velocidade de 30.000 por segundo, com 10μm e 30μm de resolução axial e transversal, respectivamente. Traz uma grande inovação com imagens em 3D de alta qualidade do segmento anterior³⁰. As Figuras 8 e 9 mostram exemplo das medidas feitas com o CASIA SS-1000.

Angmo et al. (2016)¹⁶ compara com a Gonioscopia e os métodos apresentam boa concordância para identificar o Fechamento Angular.

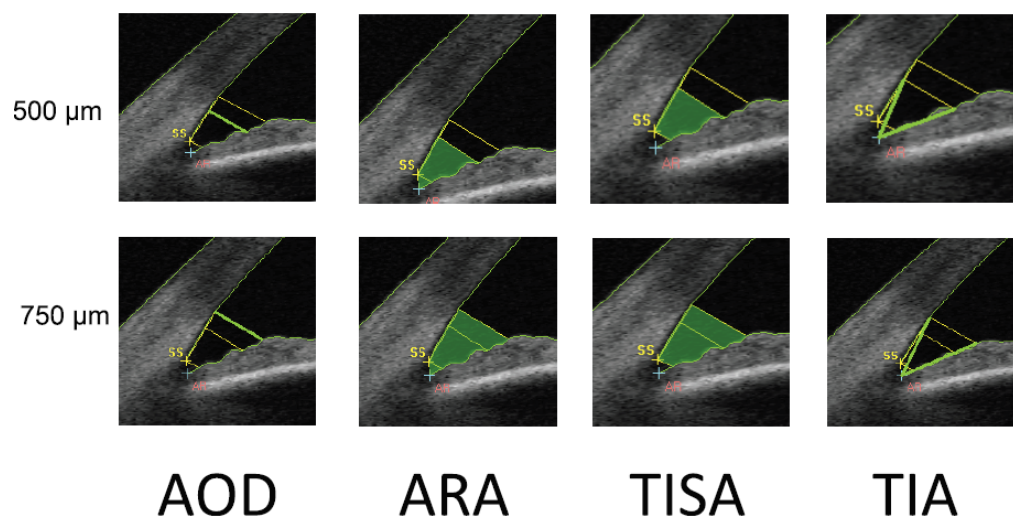
Figura 8 – Medidas do ângulo e ITC obtidas em um CASIA SS-1000 OCT.

Fonte: Angmo et al. (2016)¹⁶

Avaliação do Contato Iridotrabecular ITC feita pelo equipamento. A imagem mostra um corte seccional e o operador insere os pontos do Esporão Escleral, em vermelho, e o ponto onde o encerra o ITC, em amarelo. No gráfico à esquerda e abaixo, mostra em azul, áreas de ITC. No gráfico à direita, mostra em vermelho a projeção do Esporão Escleral em 360º, e em verde o ponto onde encerra o ITC.

4.2.7 CASIA2 (Tomey Corporation, Nagoya, JP)

CASIA2 é a nova versão do modelo CASIA SS-1000. A velocidade de aquisição foi aprimorada, chegando a 100.000 A-Scans/s, e com tamanho de imagem ampliado, chegando a 16mmx13mm.

Figura 9 – *Diferentes parâmetros do ângulo, obtidas em um CASIA SS-1000 OCT*

Fonte: Sanchez-Parra et al. (2015)³¹ p. 2

*Parâmetros AOD500, AOD750, TISA500 e TISA750 (obtidos a partir do Esporão Escleral).
ARA500, ARA750, TIA500 e TIA750 (obtidos do Recesso do Ângulo).*

5 Conclusão

Os equipamentos de Tomografia de Coerência Óptica se mostram uma ferramenta diagnóstica não apenas de imagens mas com informações e dados indispensáveis para apoiar um diagnóstico correto de Glaucoma. Apesar dos estudos indicarem que o método de imagem OCT-SA consegue identificar em mais posições o Fechamento Angular, não apresentam uma especificidade diagnóstica tão alta quanto à Gonioscopia.

Atualmente estão disponíveis no mercado brasileiro tecnologias de TD-OCT, SD-OCT e SS-OCT e para cada demanda e região seria necessário avaliar qual equipamento atende às necessidades, tais como preço do aparelho, vantagens, desvantagens, uso também ao segmento posterior, qualidade de imagem e uso dos parâmetros que o equipamento oferece, entre outros.

Para analisar e utilizar as medidas é essencial que o operador do exame identifique corretamente as estruturas anatômicas do ângulo a fim de acompanhar as mudanças entre os exames. A inserção do Esporão Escleral nem sempre é visível ao exame, mas não é impeditivo para que uma nova captura não possa ser realizada para obter um bom exame. Com novas tecnologias disponíveis com os SS-OCT, em que é possível traçar até mesmo a extensão angular do fechamento, é importante que o treinamento ao operador seja constantemente atualizado e acompanhe a evolução dos equipamentos.

Os parâmetros dos equipamentos podem ser usados não apenas para acompanhar o Fechamento Angular, mas para outras condições de Glaucoma, como um acompanhamento de Iridotomia, câmara rasa, e os implantes cirúrgicos MIGS. Podem ser feitos também estudos para identificar combinações de drogas e seu impacto para chegar a um tratamento individualizado, ou a algum padrão, considerando as medidas.

5.1 Trabalhos futuros

O Ministério da Saúde, por meio de Avaliações de Tecnologias em Saúde, através da Avaliação Econômica completa (estudos de custo-efetividade, custo-utilidade, custo-minimização e custo-benefício) e impacto orçamentário, apontaram suas conclusões para a ampliação do uso da Tomografia de Coerência Óptica de SP.

No entanto, o estudo ainda pode ter ampliações para que a análise de SA com equipamentos de OCT disponíveis, cuja análise também contribui para que o diagnóstico precoce do GPAF ocorra, e dessa forma contribuir para reduzir esta causa de cegueira. Existem ainda outras indicações do OCT-SA no estudo de lesões de córnea, ceratocone, complicações de lente de contato, transplantes, estrutura da íris, esclera e tumores.

Estudos e avaliação das imagens feitas e indicação dos parâmetros no Brasil ainda são necessários para que a tecnologia do exame não seja um fator limitante ou impeditivo para um bom diagnóstico.

Ainda são necessários estudos amplos e multicêntricos de análise do ângulo e de câmara anterior para incluir também o OCT-SA como equipamento estratégico do SUS para investigação do ângulo, prevenindo também a cegueira dos casos graves de GPAF.

Referências

- [1] II Consenso de Glaucoma Primário de Ângulo Fechado. São Paulo - SP; 2012.
- [2] Relatório de Recomendação - Ampliação de uso do exame de Tomografia de Coerência Óptica para confirmação diagnóstica de Glaucoma. Brasília - DF; 2020.
- [3] Diretrizes para a utilização do OCT para Glaucoma. São Paulo - SP; 2012.
- [4] Informe ATS - Avaliação de Tecnologia em Saúde: Tomografia de Coerência Óptica no Diagnóstico do Edema Macular Diabético, Degeneração Macular Relacionada à Idade e Glaucoma. Rio de Janeiro - RJ; 2008.
- [5] ANTERION Online Course | Update Anterior Segment Imaging; 2020. Available from: <<https://www.youtube.com/watch?v=TixdLee71Dw>>.
- [6] Ang M, Baskaran M, Werkmeister RM, Chua J, Schmidl D, Aranha dos Santos V, et al. Anterior segment optical coherence tomography. *Progress in Retinal and Eye Research*. 2018;66:132 – 156. Available from: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135094621730085X>>.
- [7] Weinreb R, Aung T, Medeiros F. The Pathophysiology and Treatment of Glaucoma A Review. *JAMA: the Journal of the American Medical Association*. 2014 05;311:1901–11.
- [8] Almeida H, Junior E, Sakata L, Torres R. Gonioscopia: proposta de classificação (APIC). *Revista Brasileira de Oftalmologia*. 2010 10;69:332–341.
- [9] Ramos J, Li Y, Huang D. Clinical and research applications of anterior segment optical coherence tomography - A review. *Clinical experimental ophthalmology*. 2008 12;37:81–9.
- [10] Xu B, Chiang M, Pardeshi A, Moghimi S, Varma R. Deep Neural Network for Scleral Spur Detection in Anterior Segment OCT Images: The Chinese American Eye Study. *Translational Vision Science Technology*. 2020 03;9:18.
- [11] Chansangpetch S, Rojanapongpun P, Lin S. Anterior Segment Imaging for Angle Closure. *American journal of ophthalmology*. 2018 01;188:14.
- [12] Asam JS, Polzer M, Tafreshi A, Hirnschall N, Findl O. Optical Coherence Tomography (OCT): Principle and Technical Realization. In: Bille JF, editor. *High Resolution Imaging in Microscopy and Ophthalmology: New Frontiers in Biomedical Optics*. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 285–299.

- [13] Farah ME, Penha FM. Tomografia de Coerência óptica - OCT: Domínio Espectral e Novas Tecnologias: Texto e Atlas. 3rd ed. Rio de Janeiro - RJ: Cultura Médica; 2015.
- [14] Allemann N, Mello GR, Ferraz CA, Serpe CC, Farah ALHL. Tomografia de Coerência Óptica na Avaliação de Segmento Anterior. In: Farah ME, Penha FM, editors. Tomografia de Coerência óptica - OCT: Domínio Espectral e Novas Tecnologias: Texto e Atlas. 3rd ed. Rio de Janeiro - RJ: Cultura Médica; 2015. p. 313–325.
- [15] Aumann S, Donner S, Fischer J, Müller F. Optical Coherence Tomography (OCT): Principle and Technical Realization. In: Bille JF, editor. High Resolution Imaging in Microscopy and Ophthalmology: New Frontiers in Biomedical Optics. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 59–85.
- [16] Angmo D, Nongpiur M, Sharma R, Sidhu T, Sihota R, Dada T. Clinical utility of anterior segment swept-source optical coherence tomography in glaucoma. *Oman Journal of Ophthalmology*. 2016 02;9:3.
- [17] Kudsieh B, Fernández-Vigo JI, Vila-Arteaga J, Urcola J, Martínez-de-la Casa J, Ruiz-Moreno JM. Update on the usefulness of optical coherence tomography in assessing the iridocorneal angle. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)*. 2019 09;94:13.
- [18] Drexler W, Liu M, Kumar A, Kamali T, Unterhuber A, Leitgeb RA. Optical coherence tomography today: speed, contrast, and multimodality. *Journal of Biomedical Optics*. 2014;19(7):1 – 34.
- [19] Manual do Usuário Scanner de Tomografia de Coerência Óptica Humphrey - Modelo Stratus. São Paulo - SP; 2002.
- [20] Sakata L, Wong T, Wong HT, Kumar R, Htoon H, Aung H, et al. Comparison of Visante and slit-lamp anterior segment optical coherence tomography in imaging the anterior chamber angle. *Eye (London, England)*. 2009 07;24:578–87.
- [21] Zheng C, Mantravadi A, Zangalli C, Ali M, Faria B, Richman J, et al. Comparing Gonioscopy with Visante and Cirrus Optical Coherence Tomography for Anterior Chamber Angle Assessment in Glaucoma Patients. *Journal of Glaucoma*. 2014 05;Publish Ahead of Print:6.
- [22] Tun T, Baskaran M, Tan S, Perera S, Aung T, Husain R. Evaluation of the Anterior Segment Angle-to-Angle Scan of Cirrus High-Definition Optical Coherence Tomography and Comparison With Gonioscopy and With the Visante OCT. *Investigative Ophthalmology Visual Science*. 2017 01;58:59.

- [23] Chansangpetch S, Nguyen A, Mora Gonzalez M, Badr M, He M, Porco T, et al. Agreement of Anterior Segment Parameters Obtained From Swept-Source Fourier-Domain and Time-Domain Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *Investigative Ophthalmology Visual Science*. 2018 03;59:1554–1561.
- [24] Niwas SI, Lin W, Bai X, Kwok CK, Kuo CCJ, Sng C, et al. Automated Anterior Segment OCT Image Analysis for Angle Closure Glaucoma Mechanisms Classification. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2016 03;130:11.
- [25] Manual do Usuário Cirrus HD-OCT - Modelos 500 5000. São Paulo - SP; 2018.
- [26] Manual do Usuário Cirrus HD OCT (Tomógrafo de Coerência Óptica de Alta Definição - Modelo 4000. São Paulo - SP; 2011.
- [27] RTVue XR 100 Avanti edition. CAM User's Manual International. Fremont - CA; 2014.
- [28] RTVue RT100. User's Manual. Fremont - CA; 2007.
- [29] 3D Optical Coherence Tomography - DRI OCT-1 Model Triton; 2015.
- [30] Li X, Zhou Y, Young CA, Chen A, Jin G, Zheng D. Comparison of a new anterior segment optical coherence tomography and Oculus Pentacam for measurement of anterior chamber depth and corneal thickness. *Annals of Translational Medicine*. 2020;8(14). Available from: <<https://atm.amegroups.com/article/view/46917>>.
- [31] Sanchez-Parra L, Pardhan S, Buckley R, Parker M, Bourne R. Diurnal Intraocular Pressure and the Relationship With Swept-Source OCT-Derived Anterior Chamber Dimensions in Angle Closure: The IMPACT Study. *Investigative ophthalmology visual science*. 2015 05;56:2943–2949.